干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

doi:10.12118/j.issn.1000-6060.2019.03.06

# 城市化及湖泊湿地修复对银川市气候影响初探①

谭　华[1,2]，智　海[1]，李艳春[2]，陈　楠[2]，杨亚丽[2]
（1　南京信息工程大学，江苏　南京　210044；2　宁夏气象防灾减灾重点实验室，宁夏　银川　750002）

**摘　要：**利用银川市国家基准气象站及受人类活动影响较少的麻黄山气象站1961—2015年气温、降水及相对湿度资料，对比分析了城市化及湖泊湿地修复对银川市城市气候演变的影响。结果表明：随着银川市城市化规模的不断扩大，整个城市的暖干化程度日趋严重，城市周边湖泊湿地的修复和重建对银川市大范围气候的调节作用明显弱于城市化的影响。具体表现为：自1961年以来，银川站年平均气温上升速率为0.46 ℃·(10 a)$^{-1}$，比麻黄山站快0.16 ℃·(10 a)$^{-1}$，银川市城市化使城市内年平均气温较对比站麻黄山站升高1.1 ℃，特别是2001—2015年上升了0.8 ℃，2011—2015年上升了0.5 ℃，其中冬季上升快，夏季相对稳定，气温年较差减小；从1975年以来，银川市年平均空气相对湿度下降了11.2 %。

**关 键 词：** 城市化；湖泊湿地；银川市；气候变化
**文章编号：** 1000-6060(2019)03-0509-08(0509~0516)

1949年以后，在我国政治、经济、社会曲折发展的大环境下，银川的城市化进程也经历了一个曲折发展的过程。其中1961—1978年是城市化的缓慢下降及持平过程；1978年以后，城市化进入平稳加速期，2000年开始，城市化进入快速发展期；特别是2010年以后城市化进入飞速发展期[1]。21世纪以来，银川市的城市建城区用地面积快速增加，2002年为60.14 km$^2$，2006年为105.65 km$^2$，至2013年末增加到148.60 km$^2$[2]；随着国家“一带一路”战略规划的实施，宁夏作为丝绸之路经济带上的重要节点，围绕生态环境建设和循环经济发展的需求，开展了前期退化生态系统的修复与重建，2004年前后，位于银川市城市中心的阅海和艾依河实施了国家重点湿地保护与恢复工程，截止2010年银川市湖泊湿地总面积已由1981年的$1.1\times10^4$ hm$^2$扩大到$4.7\times10^4$ hm$^2$，初步形成了城市水环境生态圈，但到目前为止，还没有对银川市城市化及湖泊湿地演变对气候变化的影响进行科学评估[3]。段水强等[4]分析了1976—2014年黄河源区湖泊变化特征及成因；吴素霞等[5]研究了黄河源头地区玛多县湖泊变化；李林等[6]研究了21世纪以来黄河源区高原湖泊群对气候变化的响应；叶朝霞等[7]研究了不同情景下干旱区尾闾湖泊生态水位与需水情况；李新虎[8]等研究了湖泊最低生态水位计算方法；叶丽梅等[9]利用数值模式研究了南京地区下垫面变化对城市热岛效应影响，发现南京市城区的扩张使南京地区近地面气温升高，主要表现为城市区域夜间升温显著，并且导致热岛强度明显增强；赵小艳等[10-11]利用*ASTER*数据反演了南京城市地表温度并分析了基于遥感的南京市城市热岛效应时空演变；李慧等[12]研究了城市化对西安市降水及河流水文过程的影响，发现城市河流灞河降水量呈不显著下降趋势；何萍等[13]研究了城市化对云南高原楚雄市近年来雨岛效应的影响；冯星[14]等研究了近55 a渭河流域气候变化，发现渭河流域近55 a的气温总体上在波动中呈小幅增加的趋势，年均降水量和极端干旱频率呈现小幅减少的趋势。上述相关研究所涉及的区域范围、地理位置、地形特点及气候背景与地处西北干旱区的银川平原差异较大，主要水体面积、水深等也有很大差异，因此本文利用银川气象站（位于艾依河西侧100 m）和麻黄山相对无影响参考站年季气象观测资料，分析研究银川市城市化及湖泊湿地修

①　**收稿日期：**2018-12-09；　**修订日期：**2019-03-15
**基金项目：**2015年自治区科技惠民项目（2015KJHM34）；中国气象局旱区特色农业气象灾害监测预警与风险管理重点实验室指令性项目（气候贫困与治理预研究）资助
**作者简介：**谭华（1984-），男，湖南怀化人，硕士研究生，助理工程师，主要从事气候分析及研究工作. E-mail:271055551@qq.com
**通讯作者：**李艳春，女，本科，正研级高级工程师，主要从事气候分析及研究工作. E-mail:nxlyc@163.com

复后的综合气候效应。

## 1 研究区域与技术方法

### 1.1 研究区域

本文研究区域位于银川市及其周边,包括艾依河、阅海湖(图1)。选取具有长年代气象观测资料的银川市国家基准气象站(106.13°E,38.29°N)代表银川市市区范围;对全区气象观测站历史沿革资料的筛选,选择气象观测资料连续、稳定、人为活动干扰少的麻黄山气象站(107.07°E,37.10°N)为银川市基本气象要素变化对比观测站。通过两站长年代气象要素对比,分析研究城市化及湖泊湿地修复对银川市气候演变的影响。

### 1.2 资料来源

本文所用气象资料为银川市国家基准气象站和受人类活动影响少、无迁站记录的麻黄山气象站自1961—2015年四季、年平均气温、降水量、空气相对湿度等气象观测资料。

### 1.3 技术方法

影响城市气候变化的主要因素有以下几部分组成:地形地貌及地理位置所决定的气候背景、全球气候变化引起的气象要素变化、城市化及湖泊湿地等周边环境变化对气候的调节作用等,而影响对比站麻黄山气象站气候变化的主要因素相对比较简单,

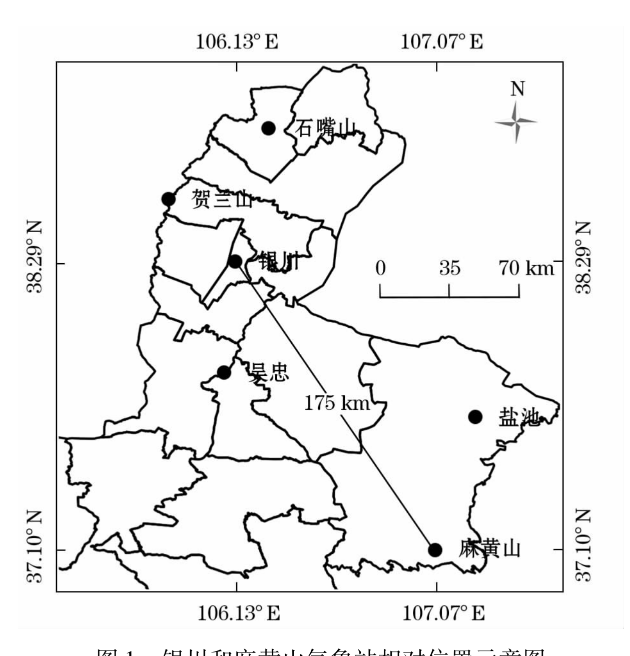



图1 银川和麻黄山气象站相对位置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of relative position between Yinchuan and Mahuangshan meteorological station

只有前面两部分:地形地貌地理位置所决定的基础气候、全球气候变化引起的气象要素变化。以气温变化为例,具体表述如下:

$$T_{银川} = T_{银—基础地理} + \Delta T_{气候变暖} + \Delta T_{城市化} + \Delta T_{湖泊} \quad (1)$$

$$T_{麻黄山} = T_{麻—基础地理} + \Delta T_{气候变暖} \quad (2)$$

$$(1)-(2): \Delta T_{温差} = \Delta T_{基础温差} + \Delta T_{城市化} + \Delta T_{湖泊} \quad (3)$$

$$\partial \Delta T_{温差} \big/ \partial t = \partial \Delta T_{基础温差} \big/ \partial t + \partial \Delta T_{城市化} \big/ \partial t + \partial \Delta T_{湖泊} \big/ \partial t \quad (4)$$

其中:$\partial \Delta T_{基础温差} \big/ \partial t = 0$,两地年平均气温差异的变率($\partial \Delta T_{温差} \big/ \partial t$ 主要由城市化和观测场地周边湖泊湿地等环境变化带来的小气候差异组成。所以(4)式可写成:

$$\partial \Delta T_{温差} \big/ \partial t = \Delta T_{城市化} \big/ \partial t + \partial \Delta T_{湖泊} \big/ \partial t \quad (5)$$

考虑到全球气候变暖大背景引起气象要素变化的一致性,银川市气象站与麻黄山气象站基本气象要素的差异主要是两地基础温差、银川市城市化及湖泊湿地修复等环境变化(距离观测站东100 m左右为艾依河水域)的综合影响[15]。考虑到两站基础温差相对稳定不随时间变化,因此两站气温差值变化主要由银川市城市化及湖泊湿地修复等环境变化造成,至于如何将城市化及周边环境变化的影响区分开?还需要更深入的研究。本文主要研究去除全球气候变化大背景后银川市加速城市化及艾依河水域等周边环境变化对局地气温、降水及空气相对湿度的综合影响。

## 2 结果分析

### 2.1 城市化及湖泊湿地演变对银川市年季平均气温的影响

由图2看出,银川气象站与麻黄山对比站年平均气温自1961年以来均在波动中不断上升,银川站上升速率为0.46 ℃·(10 a)$^{-1}$,麻黄山站为0.30 ℃·(10 a)$^{-1}$,银川站比麻黄山站上升快0.16 ℃·(10 a)$^{-1}$。

根据城市发展的不同阶段并结合年温差曲线的阶段性变化,将银川与麻黄山站1961年以来的年平均气温差值变化曲线分为4个阶段。1975年之前,

由于城市规模小,没有形成明显的城市化气候效应,银川站与麻黄山站年平均气温差值主要由地形地貌及地理位置决定,为 1.8 ℃。假设将 1.8 ℃作为城市化前两地基础温差,后期的城市化使银川市年平均气温在气候变暖的背景下加速上升,两地温差不断加大。1975—2000 年之前,两地平均温差上升为 2.1 ℃,较基础温差升高 0.3 ℃;2000—2010 年,随着城市规模的不断扩大,城市增暖效应不断显现,银川市年平均气温较麻黄山对比站偏高 2.4 ℃,较基础温差上升 0.6 ℃;2010 年后银川市城市化速度加快,两地温差迅速增加,达到 2.9 ℃,较基础温差上升 1.1 ℃,也就是说,银川市城市化使城市内年平均气温较对比站升高 1.1 ℃,特别是 2001 年以来的近 15 a 上升 0.8 ℃(2001—2015 年),2011 年以来的近 5 a 上升 0.5 ℃(2011—2015 年)。可看出,随着银川市城市化进程的加快,城市增暖速度也在明显加快(图 3),"城市热岛"效应更加明显。

进一步从两地四季平均气温对比看(表 1):两地平均气温差值随季节变化大,春、夏、秋三季银川站平均气温明显比麻黄山站高,其中夏季最大,银川站平均偏高 3.4 ℃;其次是春季和秋季,分别偏高 2.9 ℃ 和 2.1 ℃ ;冬季两地温差为负值,银川站比麻黄山站平均略偏低 0.2 ℃。从两地四季平均气温差值变率看,冬季两地温差变率最大,达到 0.33 ℃·(10 a)$^{-1}$,高于其他三季,夏季两地温差变率最小。通过对比发现,随着城市化速度加快及艾依河水域的修复,银川市周边冬季平均气温上升速度明显加快;在 20 世纪 60 年代初,银川站冬季气温远远低于麻黄山站,但由于城市化加快,促进城市热岛效应的增强,加之水域的修复在冬季有明显的增温效应,银川市冬季增温明显,致使银川站冬季气温从 20 世纪 90 年代中期开始反超麻黄山站(但长年代冬季平均气温仍略低于麻黄山站,为 -0.2 ℃。夏季变化不明显,气温年较差在不断减小。

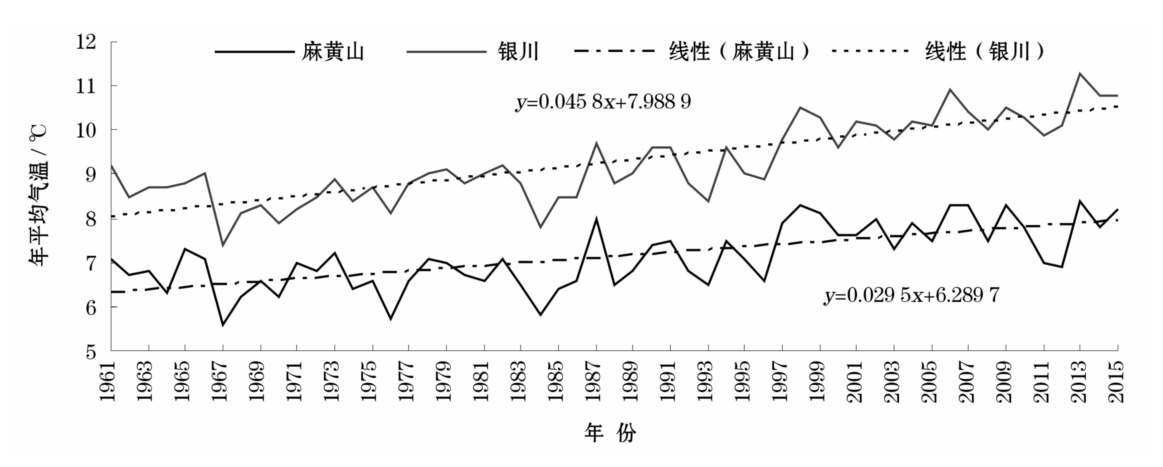



图 2　银川和麻黄山气象站年平均气温变化图

Fig. 2　Variations of annual average temperature over Yinchuan and Mahuang Mountain

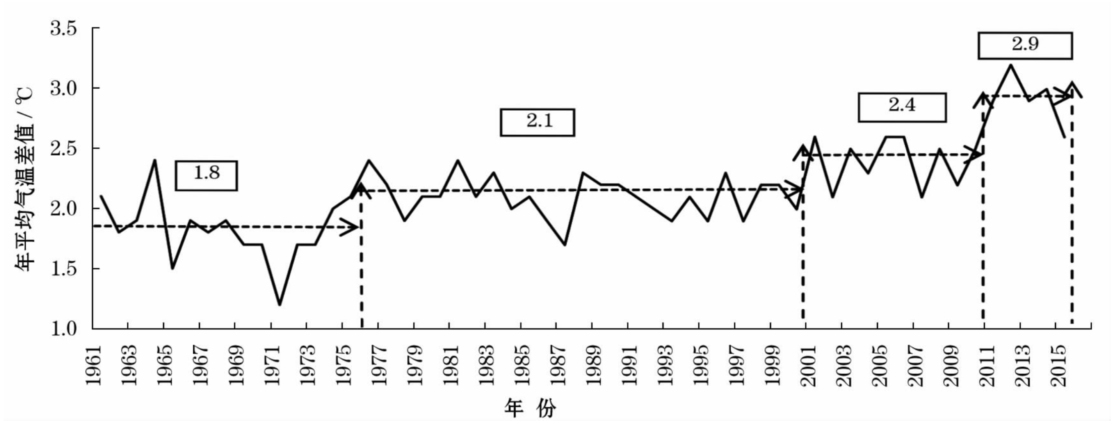



图 3　银川和麻黄山气象站年平均气温差值变化图

Fig. 3　Difference of annual average temperature between Yinchuan and Mahuang Mountain

表 1　银川站和麻黄山站四季平均气温差值及变率统计表

Tab. 1　Difference and variability of average temperature between Yinchuan and Mahuang Mountain in seasons

| 项目 | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 |
|---|---|---|---|---|
| 两地四季平均温差/℃ | 2.9 | 3.4 | 2.1 | -0.2 |
| 两地四季年平均温差变率/℃·(10 a)$^{-1}$ | 0.25 | 0.09 | 0.11 | 0.33 |

### 2.2　城市化及湖泊湿地演变对银川市年平均最高最低气温的影响

通过对银川站与麻黄山站年平均最高、最低气温的对比分析发现，银川站年平均最低气温的上升速率为0.51 ℃·(10 a)$^{-1}$，明显高于年平均最高气温的上升速率[0.36 ℃·(10 a)$^{-1}$]。

根据城市发展的不同阶段并结合温差曲线的阶段性变化，将银川站与麻黄山站年平均最高气温差值的年变化曲线划分为4个阶段(图4a)，1975年之前，由于银川市城市规模小，没有形成明显的城市气候效应，两地温差主要为地形地貌及地理因素造成，温差为3.0 ℃，即：银川站比标准对比站麻黄山的年平均最高气温高3.0 ℃；现将3.0 ℃作为城市化前两地年平均最高气温的基础温差，分析后期城市化加快和湖泊湿地修复对最高气温的影响；1975—2000年之前，由于城市化加快，逐步开始出现城市热岛效应，但是城市周边的湖泊湿地有缓解城市热岛效应和抑制最高气温上升的作用，所以两地年平均最高气温差仍然为3.0 ℃；2000—2010年，随着城市规模进一步扩大，城市增暖效应开始显现，逐渐超过湖泊湿地的降温作用，银川市年平均最高气温较麻黄山站偏高3.1 ℃，较基础温差上升了0.1 ℃；2010年后银川市城市化速度加快，城市化的热岛效应凸显，两地最高气温差达到3.6 ℃，较基础温差上升0.6 ℃。最低气温方面，银川站年平均最低气温比麻黄山站多增加0.22 ℃·(10 a)$^{-1}$(银川站0.51 ℃·(10 a)$^{-1}$，麻黄山站0.29 ℃·(10 a)$^{-1}$)，将银川站与麻黄山站年平均最低气温差值变化曲线按年代段划分为4个阶段，由图4b可看出，1975年之前，由于银川市城市规模小，两地温差主要为地形地貌及地理因素造成，温差为0.5 ℃；如果将0.5 ℃作为城市化前两地年平均最低气温的基础温差，后期的城市化将使银川市年平均最低气温加速升高，1975—2000年之前，上升为0.85 ℃，较基础温差升高0.35 ℃；2000—2010年，随着城市规模进一步扩

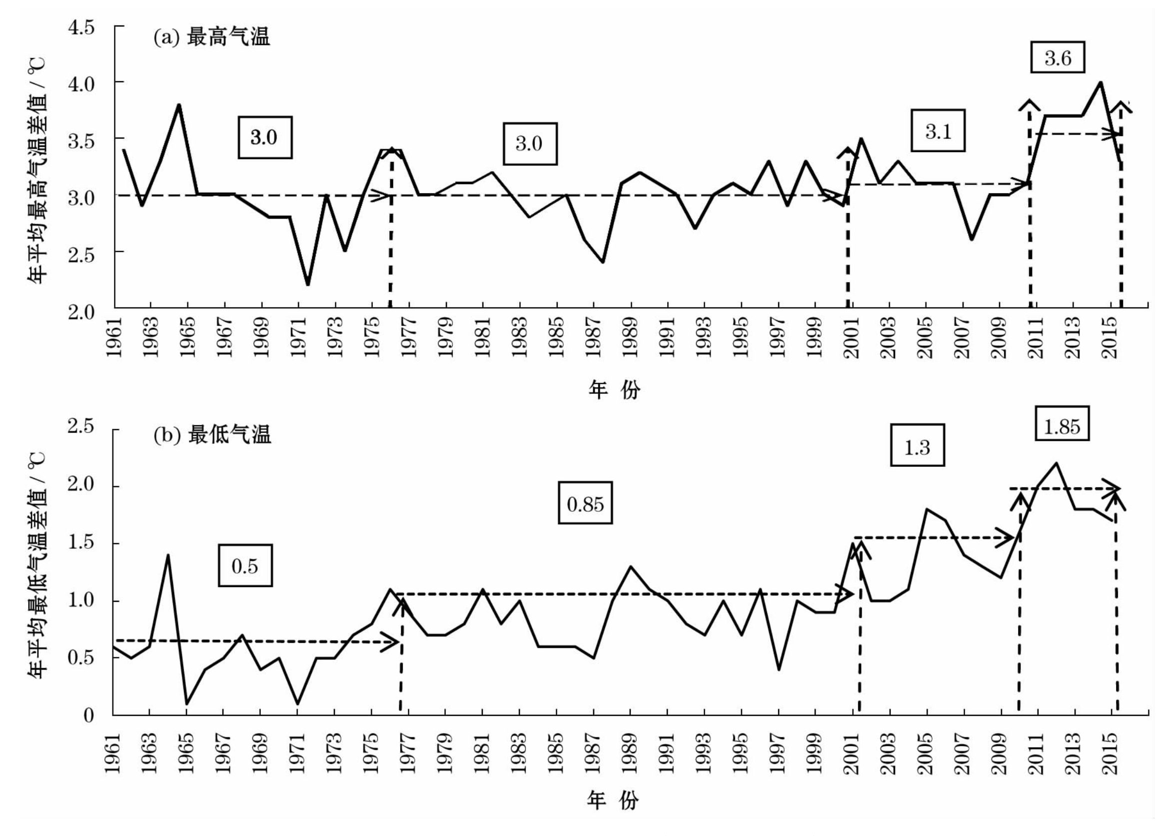



图 4　银川和麻黄山气象站年平均最高最低气温差值年变化

Fig. 4　Annual variations of annual average maximum and minimum temperature difference between Yinchuan and Mahuang Mountain

大,城市增暖效应不断显现,银川市年平均最低气温较麻黄山站偏高 1.3 ℃,较基础温差上升 0.8 ℃;2010 年后银川市城市化速度加快,两地温差迅速增加,达到 1.85 ℃,较基础温差上升 1.35 ℃,而城市化使银川市年平均最低气温上升了1.35 ℃,2001—2015 年较基础温差上升 1.05 ℃,2011—2015 年较前 10 a 又上升 0.55 ℃,可见,年平均最低气温在快速上升。说明城市化的影响占主导地位,除了城市化的影响,随着近年来银川市周边水域面积增加,由于水体热容量比陆面大,造成夜间降温慢,是年平均最低气温明显上升的一个重要原因。另一方面,水域面积增加,抑制白天由于城市化造成的最高气温上升。这种抬升最低气温,抑制最高气温上升的作用,使银川市周边气温日较差减小,气温逐渐变的温和,冬季寒冷程度降低,人体对温度的舒适感增强。

**2.3　城市化及湖泊湿地演变对银川市空气相对湿度的影响**

由图 5 可看出,近 55 a 来,银川年平均空气相对湿度以 1.9% ·(10 a)$^{-1}$的速率下降,而麻黄山没有出现明显的升降趋势,通过这种变化推断,银川站周边艾依河贯通对年平均空气相对湿度的贡献远小于城市化造成空气相对湿度的下降。分析降水量对空气相对湿度的影响(图 6),麻黄山站年降水量以 10.3 mm·(10 a)$^{-1}$的速率减少,银川站以 1.0 mm·(10 a)$^{-1}$的速率减少,银川站的下降趋势明显小于麻黄山站。理论上,一个地方的降水量多少直接影响空气相对湿度的升降,麻黄山气象站在年降水量显著减少的趋势下,空气相对湿度没有出现明显的升降趋势,说明近年来自治区政府实施的封山禁牧政策在麻黄山及周边区域发挥了重要作用,生态植被得到恢复,近地层空气相对湿度保持稳定,基本形成了一个良性循环过程;受城市化及湖泊湿地修复重建的影响,银川站相比麻黄山站年降水量有相对稳定和缓慢减少的趋势,也说明城市规模扩大及湖泊湿地修复重建,对缓解银川市城市降水量减少起到了一定的作用,但是降水量仍然在减少,没有

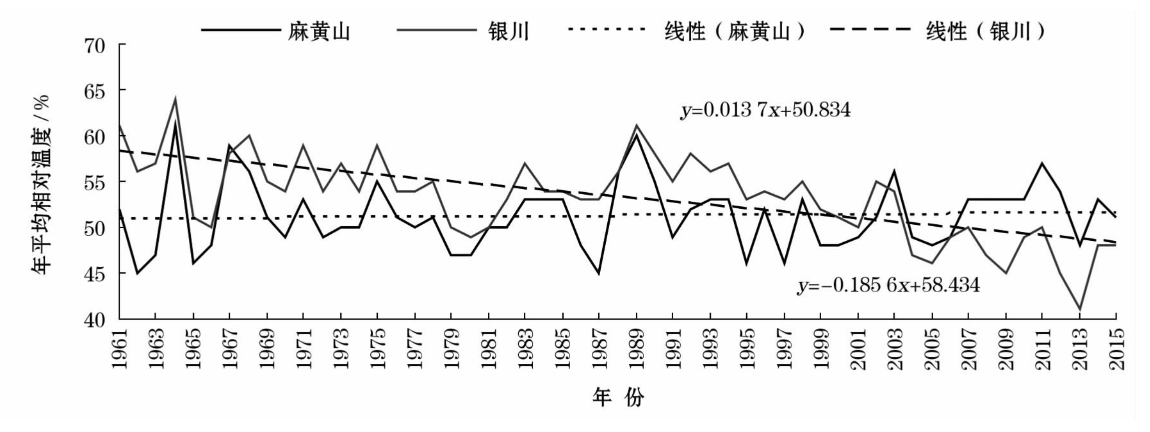



图 5　银川和麻黄山气象站年平均相对湿度变化图

Fig. 5　Variations of annual average relative humidity over Yinchuan and Mahuang Mountain

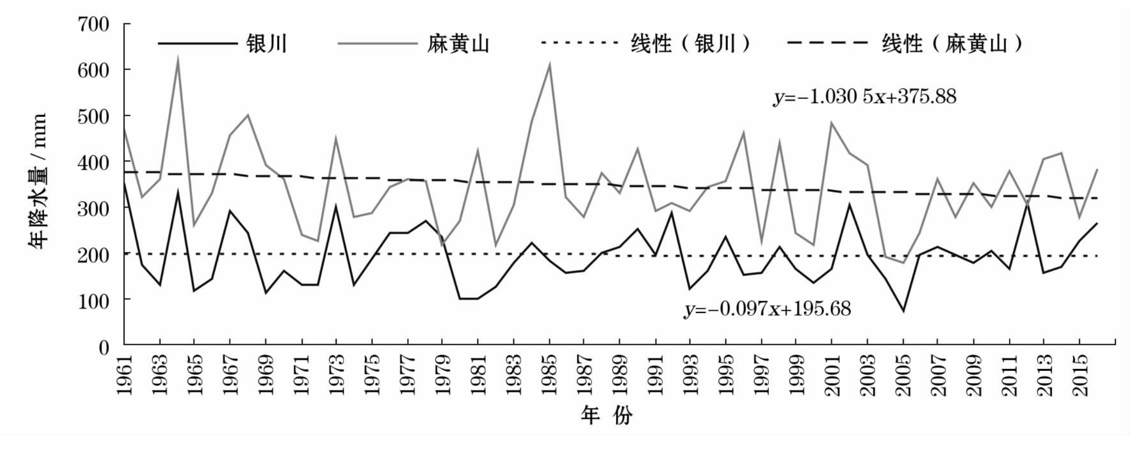



图 6　银川和麻黄山气象站年降水量变化图

Fig. 6　Variations of annual precipitation over Yinchuan and Mahuang Mountain

出现明显的“城市雨岛”效应。

为了进一步分析银川市空气相对湿度的阶段性变化特点，将银川与麻黄山空气相对湿度差年变化曲线分为4个阶段，从图7可看出：随着银川市城市化进程的加快，城市中空气相对湿度下降速度在不断加快，1975年之前，由于银川市城市规模小，没有形成明显的城市化效应，当时银川气象站位于郊区，周遍主要为农田，并且水稻种植面积比较大，空气相对湿度高于麻黄山站5.4%，如果将其作为银川市城市化及环境变化前两地基础相对湿度差，城市化后银川市年平均空气相对湿度不断下降，1975—2000年之前，两地平均空气相对湿度差为3.5%，较基础相对湿度差下降1.5%，但银川市的空气相对湿度仍高于麻黄山气象站3.5%；2000年以后银川市的空气相对湿度迅速下降，2000—2010年，随着城市规模不断扩大，在麻黄山空气相对湿度变化不大的情况下，银川市的年平均空气相对湿度下降了5.0%，较基础湿度差下降6.5%；2010年后城市化速度加快，银川市空气相对湿度迅速下降，较2001—2010年又下降了4.3 %，较基础空气相对湿度差下降11.2%，也就是说，从1975年以来的近40多年银川市城市化及周遍环境变化使城市内年平均空气相对湿度下降了11.2%。可看出，银川市城市化对空气相对湿度的影响远大于湖泊湿地修复和重建对该区域年平均空气相对湿度的影响。

从银川、麻黄山两地各季相对湿度变率看出（表2），春季两地相对湿度均呈下降趋势，其中银川站下降2.7% ·(10 a)$^{-1}$，下降速率明显快于麻黄山站[ −1.0% ·(10 a)$^{-1}$]，夏、秋、冬三季银川站空气相对湿度均存在不同程度的下降，下降速率分别为1.9% ·(10 a)$^{-1}$、1.5% ·(10 a)$^{-1}$和1.4% ·(10 a)$^{-1}$，麻黄山站夏、秋、冬三季空气相对湿度呈上升趋势，上升速度分别为0.4% ·(10 a)$^{-1}$、0.2% ·(10 a)$^{-1}$和1.0% ·(10 a)$^{-1}$，三季中上升速度相对较快的是冬季。通过比较发现，随着气候变暖及城市化速度加快，银川市一年四季空气相对湿度都在下降，其中春季下降最快，其次是夏季，秋、冬季下降相对较慢；麻黄山气象站春季空气相对湿度呈下降趋势，夏、秋季没有出现明显变化，冬季湿度增加。

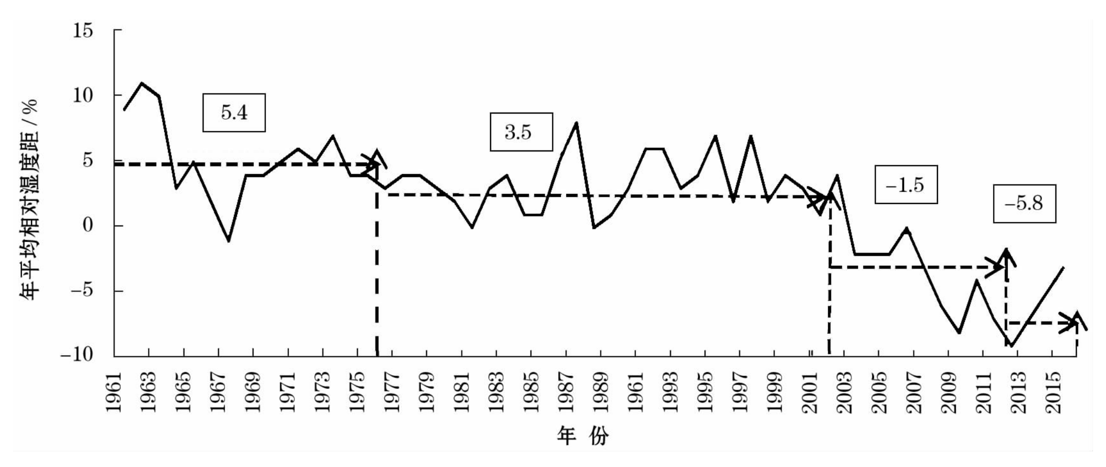



图7　银川和麻黄山气象站年平均空气相对湿度差值变化图

Fig. 7　Difference of annual average relative humidity between Yinchuan and Mahuang Mountain

**表2　银川和麻黄山站四季空气相对湿度变率统计表 / % ·(10 a)$^{-1}$**

**Tab. 2　Variability of relative humidity over Yinchuan and Mahuang Mountain in seasons**

| 站点 | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 银川站 | −2.7 | −1.9 | −1.5 | −1.4 |
| 麻黄山站 | −1.0 | 0.4 | 0.2 | 1.0 |

综上所述，近55 a来，特别是21世纪以来，银川市的气候在快速向暖干化方向发展，干燥的空气对人体健康有直接影响，为了缓解这种城市化加剧带来的暖干化趋势，需要不断改善城市及周边下垫面生态环境状况，增加植被覆盖度和湖泊湿地面积，缓解城市暖干化的影响，提高人体舒适度。

## 3　结 论

（1）自1961年以来，银川气象站与麻黄山对比站年平均气温均在波动中不断上升，银川站上升速率为0.46 ℃ ·(10 a)$^{-1}$，银川站比麻黄山站上升快

0.16 ℃·(10 a)$^{-1}$。银川市城市化使城市内年平均气温较对比站麻黄山站升高 1.1 ℃,特别是 2001 年以来的近 15 a 上升 0.8 ℃,2011 年以来的近 5 a 上升 0.5 ℃。可看出,随着银川市城市化进程的加快,城市增暖速度也在明显加快。

(2) 银川气象站年平均最低气温的上升速率为 0.51 ℃·(10 a)$^{-1}$,明显高于年平均最高气温的上升速率[0.36 ℃·(10 a)$^{-1}$]。而 21 世纪以来,随着城市规模不断扩大,城市增温效应不断显现,特别是 2010 年以来,银川市年平均最高气温较麻黄山站上升 0.6 ℃,年平均最低气温较麻黄山站上升 1.35℃。

(3) 近 55 a 来,银川年平均空气相对湿度以 1.9%·(10 a)$^{-1}$的速率下降,麻黄山站没有出现明显的升降趋势。其中,从 1975 年以来的 40 多年,银川市城市化及周遍环境变化使城市内年平均空气相对湿度下降了 11.2%。也就是说,银川市城市化对空气相对湿度的影响远大于湖泊湿地修复和重建对该区域年平均空气相对湿度的影响。

(4) 近 55 a 来,麻黄山站年降水量以 10.3 mm·(10 a)$^{-1}$的速率减少,银川站以 1.0 mm·(10 a)$^{-1}$的速率减少。麻黄山气象站在年降水量显著减少的趋势下,空气相对湿度没有出现明显的升降趋势,说明近年来自治区政府实施的封山禁牧政策在麻黄山及周边区域发挥了重要作用,生态植被得到恢复,近地层空气相对湿度保持稳定,基本形成了一个良性循环过程;受城市化及湖泊湿地修复重建的影响,银川站相比麻黄山对比站年降水量有相对稳定和缓慢减少的趋势,也说明城市规模扩大及湖泊湿地修复重建,对减缓银川市城市降水量减少起到了一定的作用。

## 参考文献(References)


[1] 康若荷. 1949 年以来银川城市空间结构演变研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2015. [KANG Ruohe. Study on the evolution of Yinchuan's urban spatial structure since 1949[D]. Xi'an:Xi'an University of Architecture and Technology,2015. ]

[2] 吴咏梅,张敏. 银川市城市化与房地产业协调发展初探[J]. 城市地理,2015,(6):13－15. [WU Yongmei,ZHANG Min. Preliminary study on coordinated development of urbanization and real estate industry in Yinchuan[J]. Urban Geographic Magazine,2015,(6):13－15. ]

[3] 孙胜民,何彤慧,娄晓钦,等. 银川湖泊湿地水生态恢复及综合管理[M]. 北京:海洋出版社,2012:10－20. [SUN Shengmin,HE Tonghui,LOU Xiaoqin,et al. Water ecosystem rehabilitation and integrated management of Yinchuan lake wetlands[M]. Beijing:Ocean Press,2012:10－20. ]

[4] 段水强,范世雄,曹广超,等. 1976—2014 年黄河源区湖泊变化特征及成因分析[J]. 冰川冻土,2015,37(3):745－756. [DUAN Shuiqiang,FAN Shixiong,CAO Guangchao,et al. The changing features and cause analysis of the lakes in the source regions of the Yellow River from 1976 to 2014[J]. Journal of Glaciology and Geocryology,2015,37(3):745－756. ]

[5] 吴素霞,常国刚,李凤霞,等. 近年来黄河源头地区玛多县湖泊变化[J]. 湖泊科学,2008,20(3):364－368. [WU Suxia,CHANG Guogang,LI Fengxia,et al. Recent lake changes in Maduo County,source region of the Yellow River[J]. Journal of Lake Sciences,2008,20(3):364－368. ]

[6] 李林,吴素霞,朱西德,等. 21 世纪以来黄河源区高原湖泊群对气候变化的响应[J]. 自然资源学报,2008,23(2):245－253. [LI Lin,WU Suxia,ZHU Xide,et al. Response of the plateau lakes to changes of climate and frozen earth environment in the headwaters of the Yellow River since the 21st century[J]. Journal of Natural Resources,2008,23(2):245－253. ]

[7] 叶朝霞,陈亚宁,张淑花. 不同情景下干旱区尾闾湖泊生态水位与需水研究——以黑河下游东居延海为例[J]. 干旱区地理,2017,40(5):951－957. [YE Zhaoxia,CHEN Yaning,ZHANG Shuhua. Ecological water level and water demand of the rump lake in arid land under different scenarios:A case of East Juyan Lake at the downstream of Heihe River[J]. Arid Land Geography,2017,40(5):951－957. ]

[8] 李新虎,宋郁东,李岳坦,等. 湖泊最低生态水位计算方法研究[J]. 干旱区地理,2007,30(4):526－530. [LI Xinhu,SONG Yudong,LI Yuetan,et al. Calculation methods of lowest ecological water level of lake[J]. Arid Land Geography,2007,30(4):526－530. ]

[9] 叶丽梅,江志红,霍飞. 南京地区下垫面变化对城市热岛效应影响的数值模拟[J]. 大气科学学报,2014,37(5):642－652. [YE Limei,JIANG Zhihong,HUO Fei. Numerical simulation of the impact of land cover change on the urban heat island effect in Nanjing[J]. Transactions of Atmospheric Sciences,2014,37(5):642－652. ]

[10] 赵小艳,申双和,杨沈斌,等. 利用 ASTER 数据反演南京城市地表温度[J]. 南京气象学院学报,2009,32(1):128－133. [ZHAO Xiaoyan,SHEN Shuanghe,YANG Shenbin,et al. Land surface temperature of Nanjing retrieved from ASTER Data[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology,2009,32(1):128－133. ]

[11] 赵小艳,杨沈斌,申双和,等. 基于遥感的南京市城市热岛效应时空演变分析[J]. 安徽农业科学,2009,37(22):10776－10778. [ZHAO Xiaoyan,YANG Shenbin,SHEN Shuanghe,et al. Analysis on spatial and temporal variation of the urban heat island effect based on remote sensing in Nanjing City[J]. Journal of Anhui Agri Sci,2009,37(22):10776－10778. ]

[12] 李慧,周维博,马聪,等. 城市化对西安市降水及河流水文过程的影响[J]. 干旱区地理,2017,40(2):322－331. [LI Hui,ZHOU Weibo,MA Cong,et al. Impacts of urbanization on precipitation and river hydrological processes in Xi'an[J]. Arid Land Geography,2017,40(2):322－331. ]

[13] 何萍,江艳萍,李矜霄,等. 城市化对云南高原楚雄市近年来雨

岛效应的影响研究[J]. 干旱区地理,2017,40(5):933－941. [HE Ping,JIANG Yanping,LI Jinxiao,et al. Impact of urbanization on Rain Island Effect in recent years in Chuxiong,Yunnan Plateau[J]. Arid Land Geography,2017,40(5):933－941.]

[14] 冯星,郭建青,孙东永,等. 近55 a 渭河流域气候变化[J]. 干旱区地理,2018,41(4):718－725.[FENG Xing,GUO Jianqing,SUN Dongyong,et al. Climate change in Weihe basin near 55 a [J]. Arid Land Geography,2018,41(4):718－725.]

[15] 李艳春,纳丽. 宁夏气候变化评估报告(1961—2010 年)[M]. 银川:阳光出版社,2013:25－30.[LI Yanchun,NA Li. The assessment report of climate change in Ningxia(1961—2010)[M]. Yinchuan: Sunshine Press,2013:25－30.]

# Influence of urbanization and lake wetland restoration on the climate evolution in Yinchuan City

TAN Hua[1,2], ZHI Hai[1], LI Yan-chun[2], CHEN Nan[2], YANG Ya-li[2]

(1 *Nanjing University of Information Science & Technology*, *Nanjing* 210044, *Jiangsu*, *China*;

2 *Key Laboratory of Meteorological Disaster Preventing and Reducing in Ningxia*, *Yinchuan* 750002, *Ningxia*, *China*)

**Abstract:** In recent years, restoration and reconstruction work has been carry out for degraded ecosystem of Yinchuan City, Ningxia Province, China surrounding ecological environment construction and the needs of the development of the circular economy. The area of lakes and wetland in Yinchuan City increased from 1.1 ten thousand hectares to 4.7 ten thousand hectares just between 1981 and 2010. The lakes wetland effectively improved the urban ecological environment. And the main factors influencing the urban climate change including topography, the climate background that determined by location, the changes of meteorological elements caused by global climate change and the changes of urbanization and lake wetland, etc. But so far, the assessment about the impact of the evolution of urbanization and lakes wetland to climate change has been not carry out in Yinchuan. Analysis of the impact of urbanization and the restoration of lakes wetland to the climate evolution of Yinchuan City using the date including temperature, precipitation and relative humidity about of Yinchuaun and Mahuang Mountain weather station during 1961—2015. The results show that with the rapid process of urbanization of Yinchuan, the degree of climate warming and drying was aggravated. The effect of restoration and reconstruction of lake and wetland significantly was weaker than the impact of the urbanization on the climate. Since 1961, the rising rate of annual average temperature of Yinchuan station is 0.46 ℃ per 10 years, faster than Mahuang Mountain stands 0.16 ℃ per 10 years, Compared with Mahuang Mountain station, annual average temperature of the Yinchuan rise by 1.1 ℃. Especially increased by 0.8 ℃ and 0.5 ℃ in recent 15 years and 5 years respectively, annual average temperature e rises quickly in winter and is relatively stable in summer, annual temperature range decreases. About the extreme temperature, the rising rate of minimum temperature of Yinchuan station is 0.51℃ per 10 years, faster than maximum temperature stands 0.36 ℃ per 10 years. In recent 55 years, there is a downward trend of relative humidity of Yinchuan station, with the increment 1.9% per 10 years. The change of relative humidity was not have an obvious trend of Mahuang Mountain station. Since the mid-1970s, the annual average air relative humidity decreased by 11.2% in Yinchuan, It shows that the effect of restoration and reconstruction of lake and wetland significantly stronger than the impact of urbanization on the relative humidity of atmosphere. The annual precipitation of the Yinchuan and Mahuang Mountain station has a decrease trend, the climate tendency rate were 10.3 mm and 1.0 mm per 10 years respectively. The decline about the annual precipitation of Yinchuan station is lower than the Mahuang Mountain station. Influenced by the urbanization and restoration of lakes wetland, compared with Mahuang Mountain station, the annual precipitation has a slowly decreasing trend. The urbanization and restoration of lakes wetland played a significant role in reduced precipitation of Yinchuan City.

**Key words:** urbanization; lake wetland; Yinchuan City; climate evolution